

Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Ampas Empulur Sagu

Arthur Yanny Leiwakabessy, Anindito Purnowidodo, Sugiarto, Rudy Soenoko
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan. Mayjend Haryono 167, Malang 65145. Indonesia
Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291
E-mail : arthur.leiwakabessy@gmail.com

Abstract

Filler composite material with natural fibers is ranging widely known in the manufacturing industry. Environmentally friendly material, able to be recycled, as well as able to destroy it self by nature is a technological demands of today. Coco fiber and pith of sago pulp fiber are natural fibers that derived from the processing of waste coconut and sago palms are abundant in the Moluccas and they have not been used optimally. Both of these materials can be used for the manufacture of composite, using polyester resin as the matrix. The research emphasis to get the maximum value of variation of fiber volume fraction and fiber coir pith of sago waste to the value of bending strength and impact strength, according to the desired application. Research methods Lay Hands Up in the manufacture of hybrid fiber composites with a combination of coconut fiber (SSK): sago pith pulp fibers (SES) with a variation of 10% SSK: SES40%, 20% SSK: SES30%, 30% SSK: SES20%, 40% SSK: SES10%. Dependent variable in the study is the bending strength and impact strength. The result is that an increase in bending strength and impact strength with increasing volume fraction, which is higher than the hybrid fiber coir fiber and coconut fiber pith of sago waste. The highest bending strength of the fiber volume fraction of 30%SSK: SES20%, amounting to 97 354 MPa, and the lowest bending force on the fiber volume fraction of 10% SSK: SES40% of 73 701 MPa, while the highest value of impact strength at SSK fiber volume fraction of 40% :SES10%, at 0178 J/mm², and the lowest value of the impact strength on the fiber volume fraction of 10% SSK : SES40% at 0.053 J/mm².

Keywords: Mechanical Properties, composites hybrid, polyester, coconut coir fiber, fiber pulp sago pith.

PENDAHULUAN

Pohon kelapa (*Cocos nucifera* L) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Sehingga ada yang menamakannya sebagai "pohon kehidupan" (*the tree of life*). Berdasarkan data yang dilaporkan Ditjen BP Perkebunan (2006), bahwa luas lahan kelapa yang tersebar pada provinsi Maluku 93.443 ha semuanya adalah perkebunan rakyat, dengan produksi mencapai 71.805 Ton/tahun [1]. Dimana tanaman kelapa ini banyak dijumpai di Maluku.

Tanaman sagu dengan bahasa latin (*Metroxylon* sp.) berarti tanaman yang

menyimpan pati pada batangnya (*Metro* : empulur, *xylon* : xylem, *sagu* : pati), merupakan tanaman asli Indonesia di duga berasal dari Maluku dan Irian.

Luas areal sagu potensial di Maluku diperkirakan sebesar 58.185 ha, yang semuanya adalah perkebunan rakyat. Rata-rata produksi tiap pohon adalah 220 kg, ini berarti potensi serat ampas sagu tersedia cukup besar yaitu 1320 kg per pohon [2].

Karena itu salah satu upaya untuk meningkatkan kegunaan tanaman kelapa dan tanaman sagu adalah dengan memanfaatkan serat sabut kelapa (buah kelapa) dan serat ampas empulur sagu

(pohon sagu), sebagai bahan baku komposit yang diharapkan dapat digunakan pada berbagai bidang aplikasi.

Beberapa penelitian terdahulu yang membahas mengenai komposit serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu antara lain :

Pengaruh variasi fraksi volume ampas empulur sagu terhadap perubahan sifat mekanis komposit matriks polyester, tujuannya untuk mengetahui kekuatan bending dan kekuatan impact komposit polyester dengan serat ampas empulur sagu sebagai penguat, seiring dengan penambahan volume serat [1].

Komposit *hybrid* polyester berpenguat serbuk batang dan serat kelapa, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai maksimal pengaruh variasi fraksi filler serbuk gergaji batang kelapa dan serat sabut kelapa terhadap resin polyester pada kekuatan tarik dan impact komposit [3].

Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanik komposit tapis kelapa. Tujuannya adalah untuk mengetahui perilaku perubahan sifat fisis dan mekanis bahan komposit menggunakan serat alami yaitu tapis kelapa sebagai penguat dan epoxy 7120 dengan Versamid 140 sebagai matrik [4].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai perubahan variasi fraksi volume serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu terhadap sifat mekanik komposit (nilai kekuatan bending dan kekuatan impact).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya dan Laboratorium Uji Material Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kombinasi serat *hybrid* serat sabut kelapa (SSK) : Serat ampas empulur sagu (SES), dengan variasi variasi SSK 10% : SES 40%, SSK 20% : SES 30%, SSK 30% : SES 20%, SSK 40% : SES 10%.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Kekuatan Bending dan Kekuatan Impact.

Variable terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Larutan Katalis sebesar 1%,
- Resin poliester sebesar 50 %,
- ukuran panjang serat ampas empulur sagu 5 mm dengan arah acak untuk *specimen* uji bending dan uji impact, ukuran panjang serat serabut kelapa 127 mm untuk *specimen* uji bending dan 80 mm untuk *specimen* uji impact dengan arah lurus,
- perlakuan larutan alkalin dengan menggunakan larutan NaOH sebesar 5%, terhadap serat ampas empulur sagu dan serat sabut kelapa yakni 2 jam.
- Metode pembuatan *specimen* dengan *hand lay up*.
- Standar pengujian bending berdasarkan standar ASTM D 790-03.
- Standar pengujian Impact berdasarkan ISO 179-1

Efek Hibrid

Analisa efek *hybrid* bertujuan untuk menentukan apakah campuran serat penguat yang dipilih dengan jenis matrik yang dipergunakan dalam pembuatan komposit *hybrid*. Efek *hybrid* bernilai positif atau negatif menggambarkan penyimpangan sifat mekanis dari kaidah campuran (*Rule Of Hybrid Mixture*). Jika nilai kekuatan diatas nilai *Rule Of Hybrid Mixture* maka efek *hybrid* bernilai positif. Jika nilai kekuatan dibawah nilai *Rule Of Hybrid Mixture* maka efek *hybrid* bernilai negatif [5].

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan bending komposit *hybrid* yang diperkuat serat tunggal sabut kelapa dan serat tunggal ampas empulur sagu diperoleh kekuatan bending teoritis komposit *hybrid* berdasarkan *Rule Of Hybrid Mixture* dengan persamaan (1). Kekuatan bending komposit *hybrid* pada persamaan tersebut dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$\sigma_{1HC} = \sigma_{1mA} \cdot \chi_{fA} + \sigma_{1mB} \cdot \chi_{fB} \quad (1)$$

dimana :

σ_{1fA} = Kekuatan bending komposit dengan serat penguat A

σ_{1fB} = Kekuatan bending komposit dengan serat penguat B

x_{fA} = Rasio *hybrid* serat tunggal A

x_{fB} = Rasio *hybrid* serat tunggal B

Pada komposit *hybrid* yang diperkuat serat tunggal sabut kelapa dan serat tunggal ampas empulur sagu diperoleh kekuatan impak teoritis komposit *hybrid* berdasarkan *Rule Of Hybrid Mixture* dengan persamaan (2). Kekuatan impak komposit *hybrid* pada persamaan tersebut dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$a_{Hau} = a_{CfA} \cdot x_{fA} + a_{CfB} \cdot x_{fB} \quad (2)$$

di mana :

a_{CfA} = kekuatan impak komposit dengan serat penguat A

x_{fA} = rasio hibrid serat tunggal A

a_{CfB} = kekuatan impak komposit dengan serat penguat B

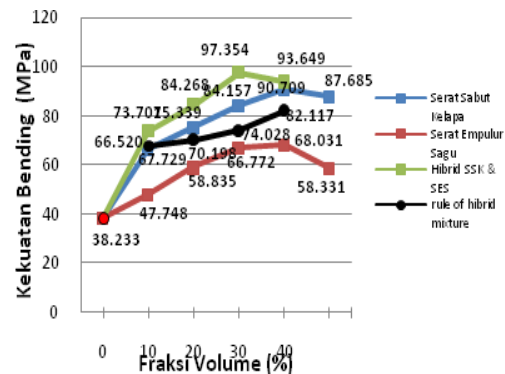
x_{fB} = rasio hibrid serat tunggal B

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Bending Komposit

Dari hasil pengujian bending didapatkan nilai kekuatan bending juga modulus elastisitas tertinggi dari masing – masing komposit serat sabut kelapa, komposit serat ampas empulur sagu dan komposit *hybrid* yakni gabungan dari serat sabut kelapa, dan serat ampas empulur sagu, yang dapat dilihat pada gambar 1. Nilai kekuatan bending komposit *hybrid* tertinggi ada pada fraksi volume SSK 30% : SES 20% serat sebesar 97.354 MPa, dan kekuatan bending terendah pada fraksi volume serat SSK 10% : SES 40% sebesar 73.701 MPa, Sedangkan harga tertinggi kekuatan bending terdapat pada fraksi volume 40% serat sabut kelapa dengan nilai kekuatan bending sebesar 90.709 Mpa, dan kekuatan bending terendah terdapat pada

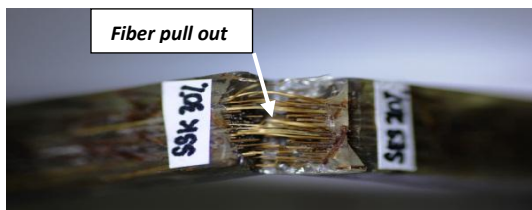
fraksi volume serat 10% sebesar 66.520 Mpa, Sedangkan pada komposit serat ampas empulur sagu kekuatan bending tertinggi ada pada fraksi volume 40% serat sebesar 68.031 MPa, dan terendah ada pada fraksi volume serat 10% sebesar 47.748 MPa,



Gambar 1. Grafik Hubungan Kekuatan Bending vs Fraksi Volume

Penyebab terjadinya kenaikan kekuatan bending komposit *hybrid* lebih tinggi dibanding serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu, ini dikarenakan adanya gabungan dua serat yang berbeda sehingga dapat meningkatkan nilai kekuatan mekanis komposit *hybrid*, seperti terlihat pada gambar 2. Sedangkan serat sabut kelapa seperti terlihat pada grafik mengalami kenaikan kekuatan bending ini disebabkan karena serat yang dipakai pada komposit serat sabut kelapa berbentuk kontinyu atau memanjang, seperti terlihat pada gambar 3, sehingga mampu menahan beban tegangan lurus terhadap penampang melintang. Sedangkan terjadi penurunan tegangan pada fraksi volume 50% dikarenakan akibat jumlah resin yang semakin berkurang seiring peningkatan fraksi volume serat sehingga daya ikat pada serat ikut. Sedangkan pada serat ampas empulur sagu, kekuatan bending lebih rendah dibanding komposit serat sabut kelapa maupun komposit *hybrid*. Ini dikarenakan bentuk serat pada komposit serat ampas empulur sagu berbentuk pendek dan acak, seperti terlihat pada gambar 4, sehingga berpengaruh pada nilai kekuatan bending.

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa grafik *Rule Of Hybrid Mixture* mempunyai kekuatan bending rata-rata lebih rendah dibanding kekuatan bending rata-rata pada komposit *hybrid*. Ini menandakan bahwa kekuatan bending rata-rata pada komposit *hybrid* bernilai positif mulai dari komposisi campuran fraksi volume volume SSK 10%:SES 40%, SSK 20%:SES 30%, SSK 30%:SES20%, SSK 40%:SES10%, dinamakan efek *hybrid* untuk serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu bisa digabungkan dan mempunyai nilai tambah atau nilai lebih dari pada komposit serat tunggal.



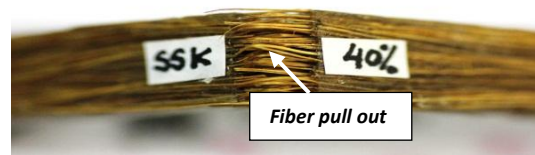
Gambar 2. Pola Patahan pada Sampel Uji Bending Komposit *hybrid*

Dari gambar 2 dimana mekanisme *fiber pull out* ini terjadi karena ikatan antara serat dan matrik melemah apabila beban yang diberikan terus bertambah. Pada saat matrik mengalami kegagalan, serat masih dapat menanggung beban, sehingga proses terjadinya patahan tidak berlangsung secara bersamaan. Ini menandakan bahwa serat komposit semakin ulet dan beban terdistribusi sampai ke serat sehingga yang menyebabkan serat tertarik keluar, sehingga membuat komposit menjadi semakin tangguh dalam menyerap beban.

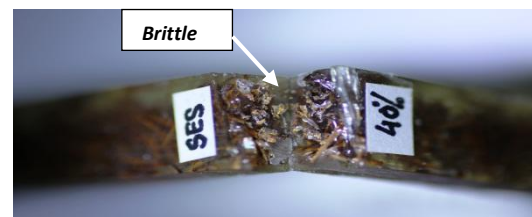
Pada gambar 3 terlihat ada mekanisme *fiber pull out*. Ini menandakan bahwa beban terdistribusi sampai ke serat sehingga yang menyebabkan serat tertarik keluar. Sehingga membuat komposit menjadi semakin tangguh dalam menyerap beban.

Pada gambar 4 dilihat pola patahan untuk sampel uji bending komposit serat tunggal ampas empulur sagu, dimana bentuk serat ampas empulur sagu berbentuk pendek dan acak, sehingga ikatan antarmuka serat dengan matrik tidak

mampu menahan lajunya kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matrik mengalami kegagalan, serat tidak bisa menahan beban, sehingga proses terjadinya patahan berlangsung bersamaan. Dan bentuk patahan pada permukaan komposit serat tunggal ampas empulur sagu berbentuk patahan getas atau *brittle*.



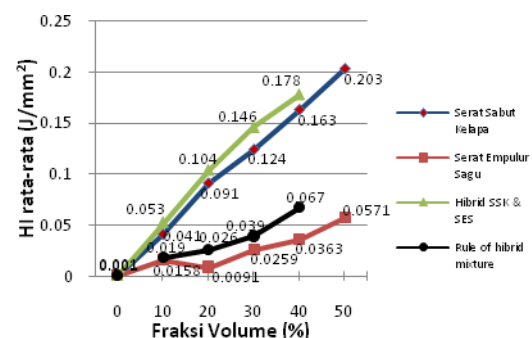
Gambar 3. Pola Patahan pada Sampel Uji Bending Serat Tunggal Sabut Kelapa



Gambar 4. Pola Patahan pada Sampel Uji Bending Serat Tunggal Ampas Empulur Sagu

Hasil Impak Komposit

Berdasarkan data hasil pengujian maka harga Impak komposit yang dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Hubungan Harga Impak Rata-rata vs Fraksi Volume

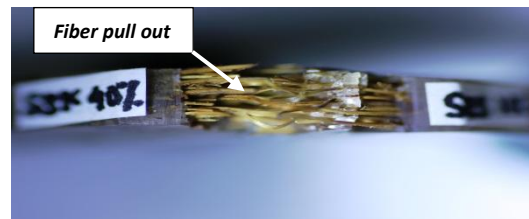
Pada gambar 5 diatas komposit *hybrid*, Harga Impak tertinggi pada fraksi volume SSK 40% : SES 10% serat sebesar 0.178 J/mm², dan Harga Impak terendah pada fraksi volume 10% : SES 40% serat sebesar 0.053 J/mm². Sedangkan Pada serat sabut kelapa Harga Impak rata-rata tertinggi pada fraksi volume serat 50% sebesar 0.203 J/mm² dan terendah pada fraksi volume 10% sebesar 0.041 J/mm². Sedangkan pada serat ampas empulur sagu, Harga Impak tertinggi pada fraksi volume 50% sebesar 0.0571 J/mm², dan terendah pada fraksi volume 20% sebesar 0.0091 J/mm².

Penyebab meningkatnya harga impact pada fraksi volume komposit *hybrid* dan komposit serat tunggal sabut kelapa, serat tunggal ampas empulur sagu adalah seiring dengan adanya penambahan volume serat dengan kata lain semakin tinggi fraksi volume serat maka harga impact semakin tinggi, seperti terlihat pada gambar 6, 7, dan 8a. Sedangkan Penyebab menurunnya harga impact pada grafik fraksi volume serat 20% serat ampas empulur sagu dikarenakan adanya sifat adhesi antarmuka serat yang satu terhadap serat melemah sehingga menurunnya nilai harga impact seperti terlihat pada gambar 8b, terjadi mekanisme patahan fiber pull out dan brittle dimana pada ujung patahan spesimen juga muncul patahan serat dan getas.

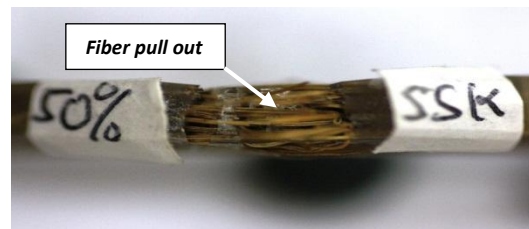
Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa grafik *Rule Of Hybrid Mixture* mempunyai harga Impact lebih rendah dibanding harga Impact pada komposit *hybrid*. Ini menandakan bahwa harga Impact pada komposit *hybrid* bernilai positif mulai dari komposisi campuran fraksi volume volume SSK 10%:SES 40%, SSK 20%:SES 30%, SSK 30%:SES20%, SSK 40%:SES10%, dinamakan efek *hybrid* untuk serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu bisa digabungkan dan mempunyai nilai tambah atau nilai lebih dari pada komposit serat tunggal.

Berdasarkan gambar 6 dimana pola patahan pada sampel uji impact komposit *hybrid* yang diperkuat serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu. Kedua serat penguat tersebut memperlambat retak yang terjadi akibat beban impact sehingga kerusakan yang terjadi tidak menyebabkan

putusnya specimen. hal ini menandakan bahwa komposit ini ulet. Sifat ulet tersebut ditandai dengan adanya pelepasan ikatan antara matrik dan serat yang diteruskan dengan adanya pemunculan ujung serat yang patah pada permukaan patah (*fiber pull out*).

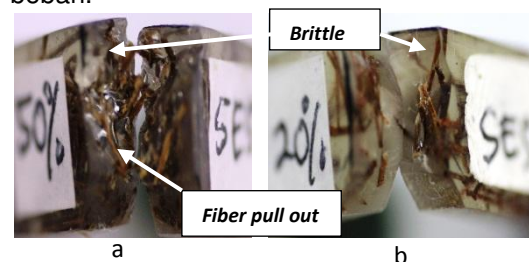


Gambar 6. Pola Patahan pada Sampel Uji Impact Komposit *hybrid*



Gambar 7. Pola Patahan pada Sampel Uji Impact Serat Tunggal Sabut Kelapa

Pada gambar 7 terlihat ada mekanisme *fiber pull out*. Ini menandakan bahwa beban terdistribusi sampai ke serat sehingga yang menyebabkan serat tertarik keluar. Sehingga membuat komposit menjadi semakin tangguh dalam menyerap beban.



Gambar 8. Pola Patahan pada Sampel Uji Impact Serat Tunggal Ampas Empulur Sagu

Pada gambar 8 dilihat pola patahan untuk sampel uji impact komposit serat tunggal ampas empulur sagu, dimana

bentuk serat ampas empulur sagu berbentuk pendek dan acak.

Ikatan antarmuka serat dengan matrik tidak mampu menahan lajunya kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matrik mengalami kegagalan, sehingga menurunnya nilai harga impak seperti terlihat pada gambar 8a&b, terjadi mekanisme patahan *fiber pull out* dan *brittle* dimana pada ujung patahan spesimen juga muncul patahan serat dan getas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Dari hasil pengujian bending di dapat kekuatan bending komposit *hybrid* serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu tertinggi pada fraksi volume SSK 30% : SES 20% : 50% Resin dengan harga kekuatan bending rata-rata 97.354MPa, sedangkan , harga terendah pada fraksi volume SSK 10% : SES 40%, yang mempunyai harga kekuatan bending rata-rata 73.701MPa.
- Hasil pengujian impak komposit *hybrid* serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu tertinggi pada fraksi volume SSK 40% : SES 10% serat sabut kelapa dan serat ampas empulur sagu dengan harga impak rata-rata 0,178 J/mm² dan energi yang diserap 5,849 J sedangkan yang harga terendah pada fraksi volume SSK 10% : SES 40% serat yang mempunyai harga impak rata - rata 0,053 J/mm² serta energi yang diserap sebesar 1.752 J.
- Pola patahan pada komposit bending maupun impak dari fraksi volume SSK 10%:SES 40%, SSK 20%:SES 30%, SSK 30%:SES20%, SSK40%:SES10% menunjukkan mekanisme (*fiber pull out*).
- Efek *hybrid* / Rule Of Hybrid Mixture untuk kekuatan bending dan impak dengan komposisi campuran fraksi volume SSK 10%:SES 40%, SSK 20%:SES 30%, SSK 30%:SES20%, SSK 40%:SES10%, menunjukkan nilai efek *hybrid* positif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Huka., 2012, Pengaruh variasi fraksi volume ampas empulur perubahan sifat mekanik komposit matriks polyester, *Tesis Teknik Mesin*, Universitas Brawijaya, Malang
- [2] Louhenapessy JE. et al., 2010, *Sagu harapan dan tantangan*, PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- [3] Romels C.A., 2011, Komposit Hibrid Polyester berpenguat Serbuk batang dan Serat Sabut Kelapa, *Jurnal Rekayasa Mesin.*, Vol.2, No.2.
- [4] Putu Lokantaro dan Ngakan Putu Gede Suardana., 2007, Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio *epoxy hardener* terhadap sifat fisis dan mekanik komposit tapis kelapa, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM.*, Vol. 1, No. 1, 15 – 21.